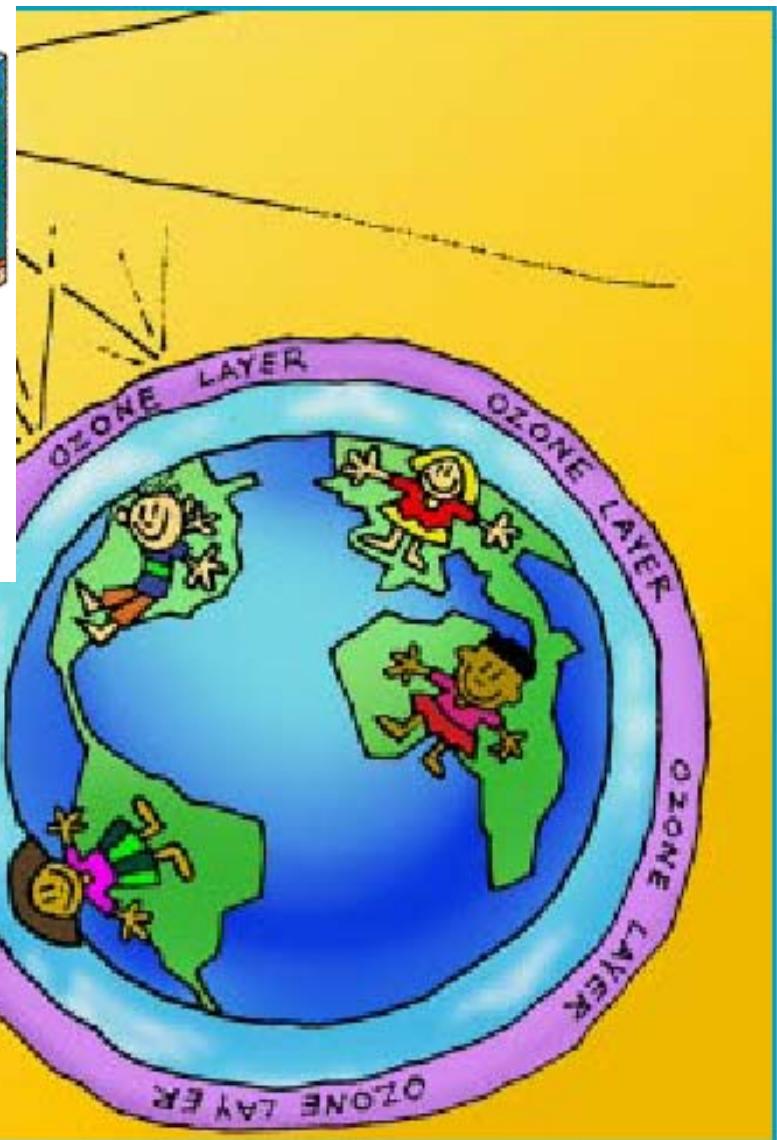
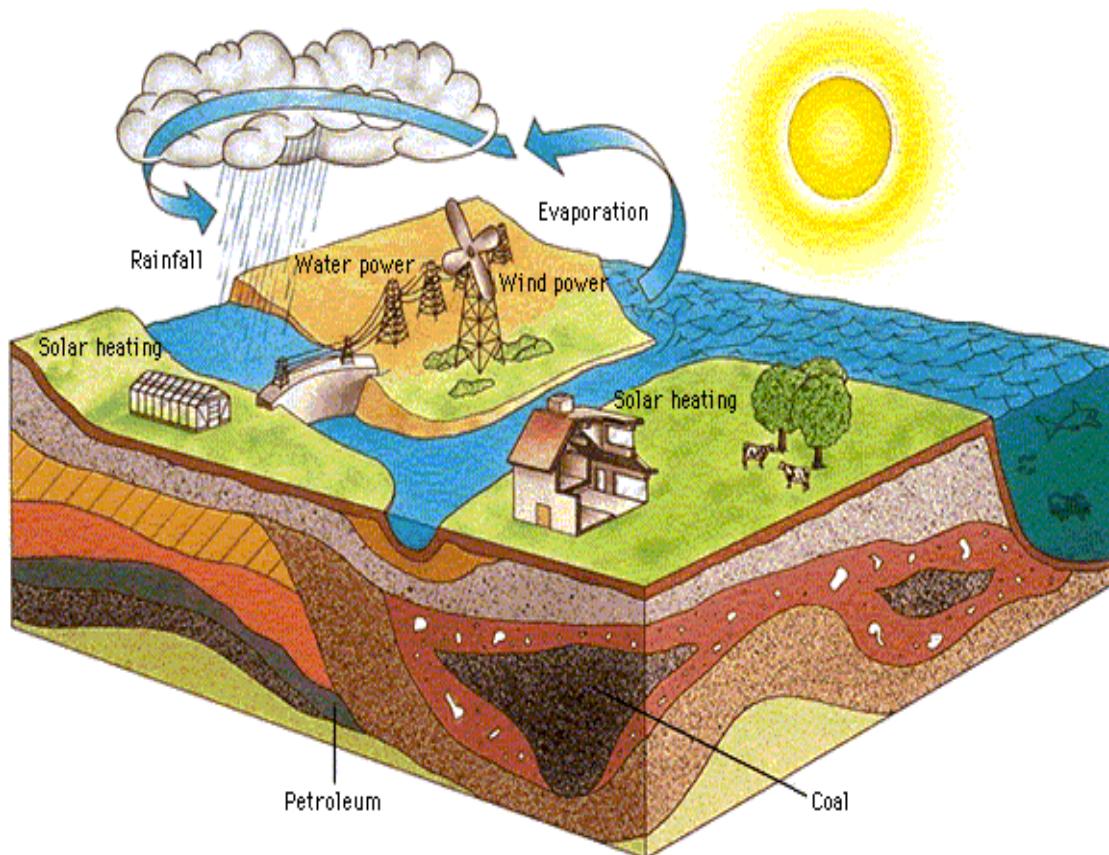


Energija sunčevog zračenja za grijanje, pripremu potrošne tople vode i proizvodnju električne energije

Doc.dr.sc. Damir Dović, dipl.ing.stroj.

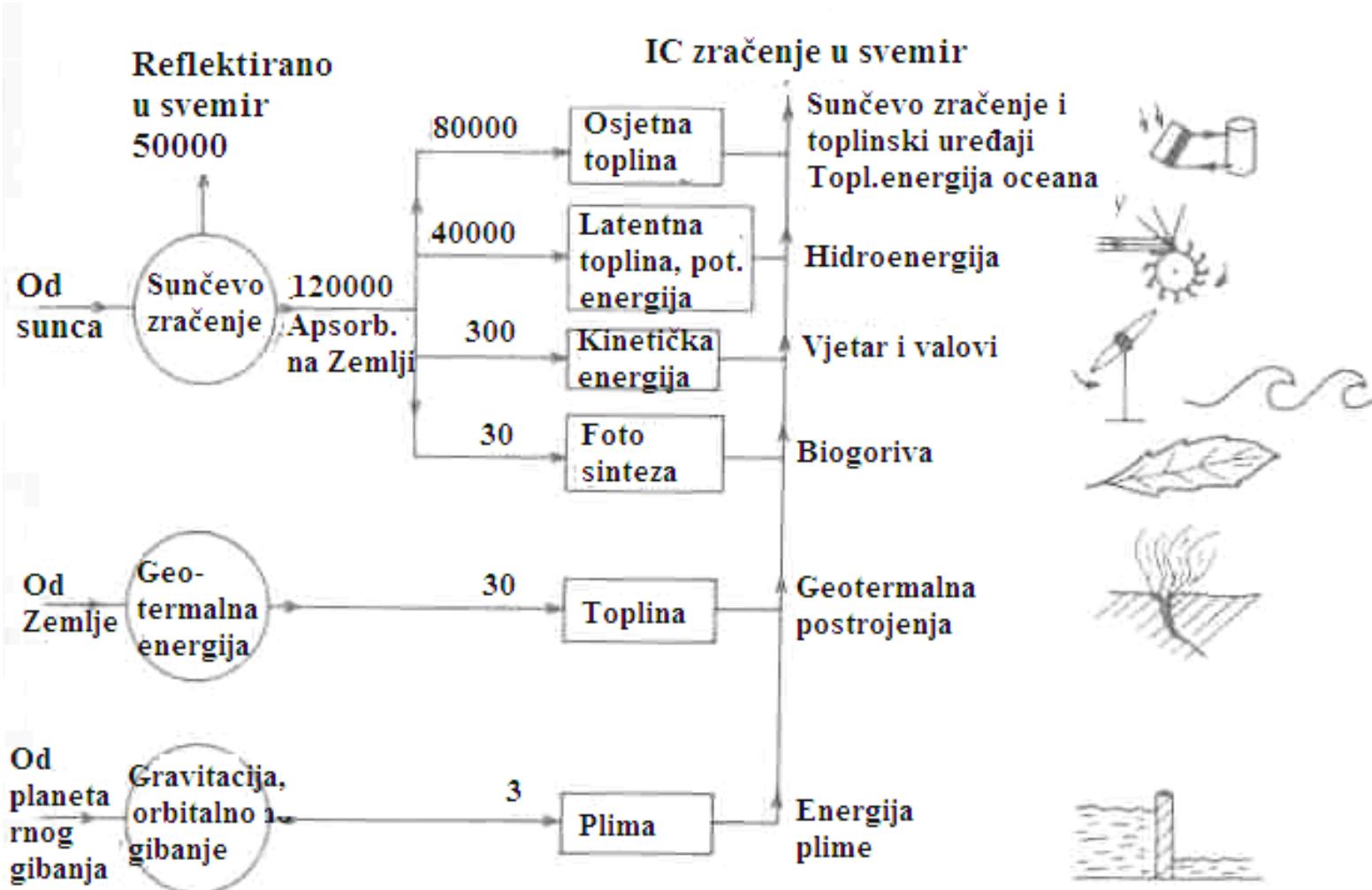


Uvod

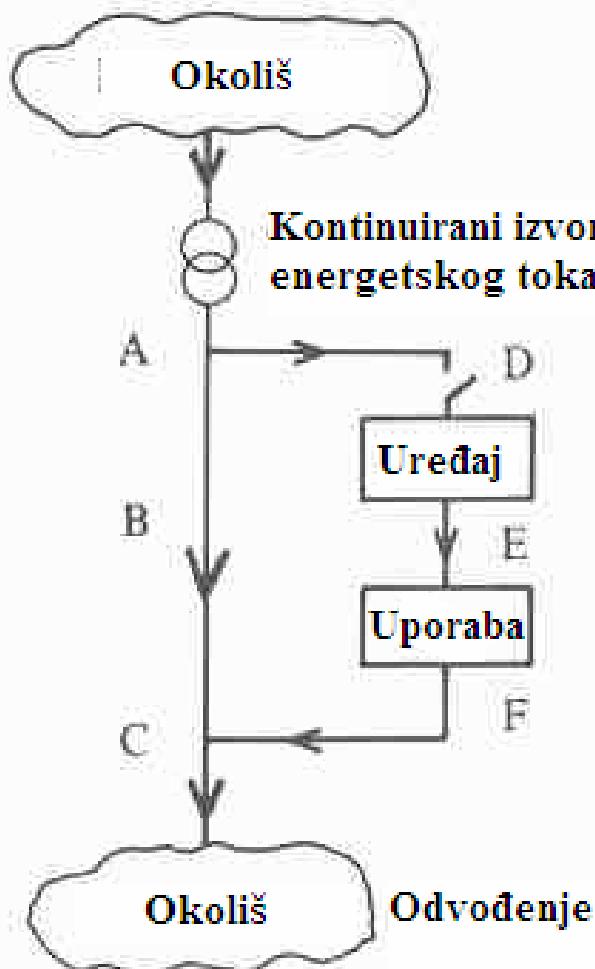
Najveći izvor obnovljive energije je Sunce čije zračenje dolazi na Zemlju i tamo se pretvara u druge oblike obnovljive energije poput energije vjetra, hidroenergije, biomase, energije valova i dr.

Sunčev zračenje predstavlja daleko najveći izvor energije na Zemlji, pri čemu je godišnje dozračena energija od 120 000 TW veća 7 500 puta od ukupnih svjetskih potreba.

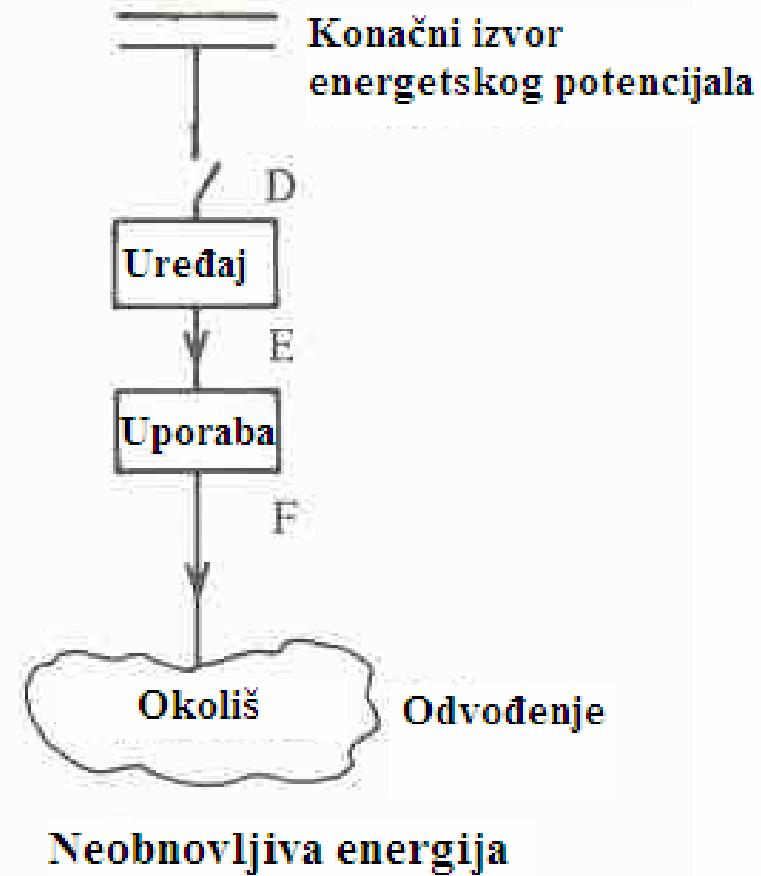
Prirodni tok obnovljive energije na Zemlji (TW)



Tijek obnovljive i energije iz fosilnih goriva kroz okoliš



Odnovljiva energija

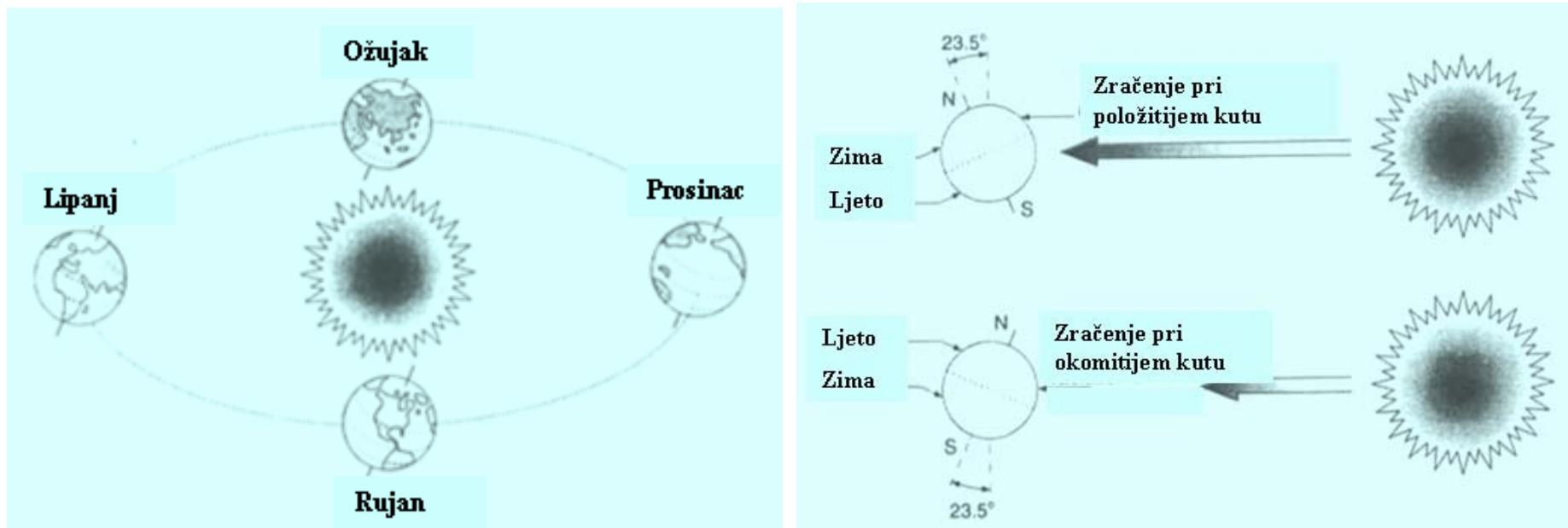


Neobnovljiva energija

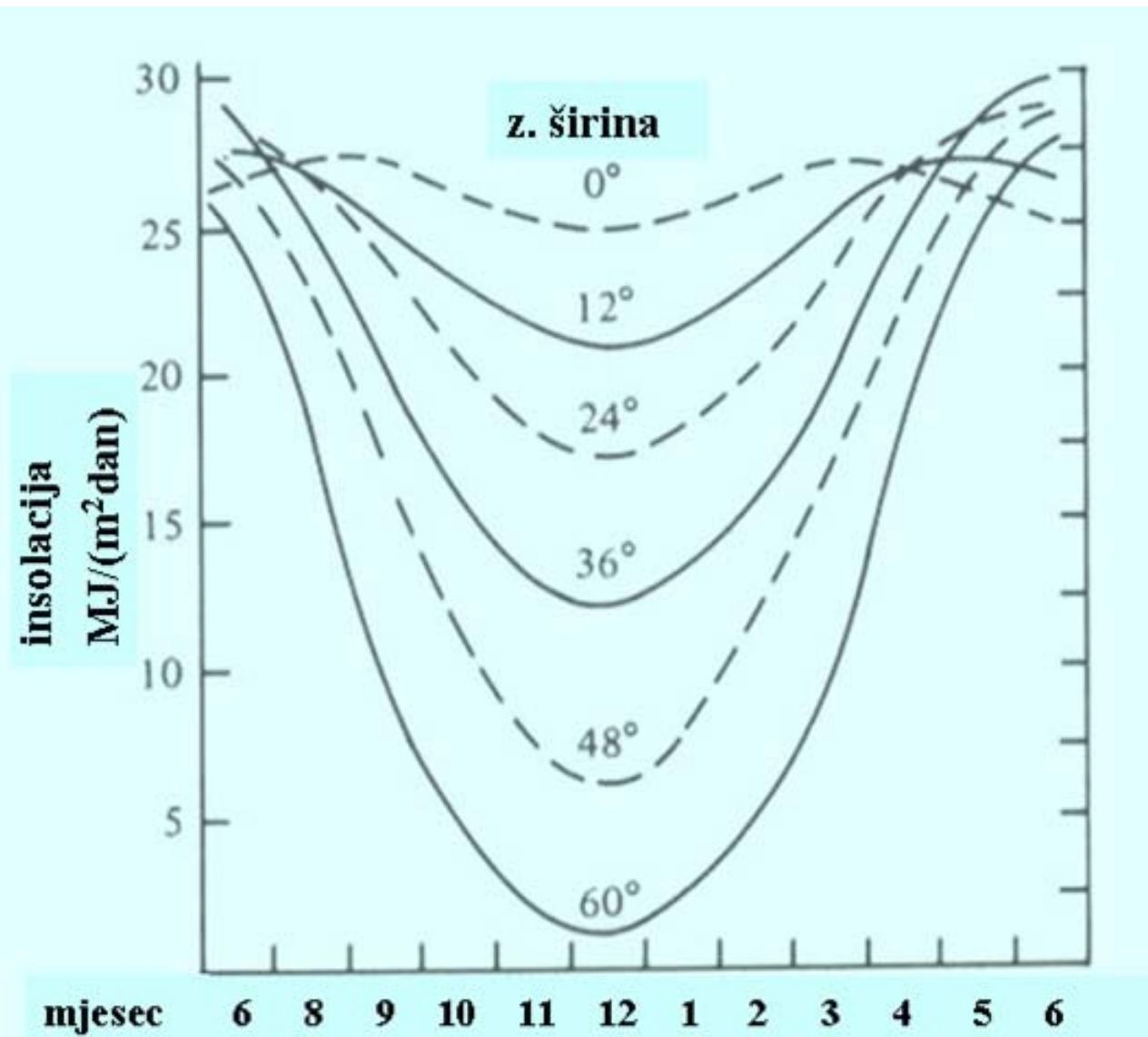
Karakteristike sunčeve energije

U R. Hrvatskoj godišnja sunčeva ozračenost horizontalne plohe iznosi $1200\text{-}1600 \text{ kWh/m}^2$ ovisno da li se radi o kontinentalnom ili primorskom dijelu.

Od toga se 75% dozrači u topljoj polovici godine (od početka travnja do kraja rujna),



Karakteristike sunčeve energije





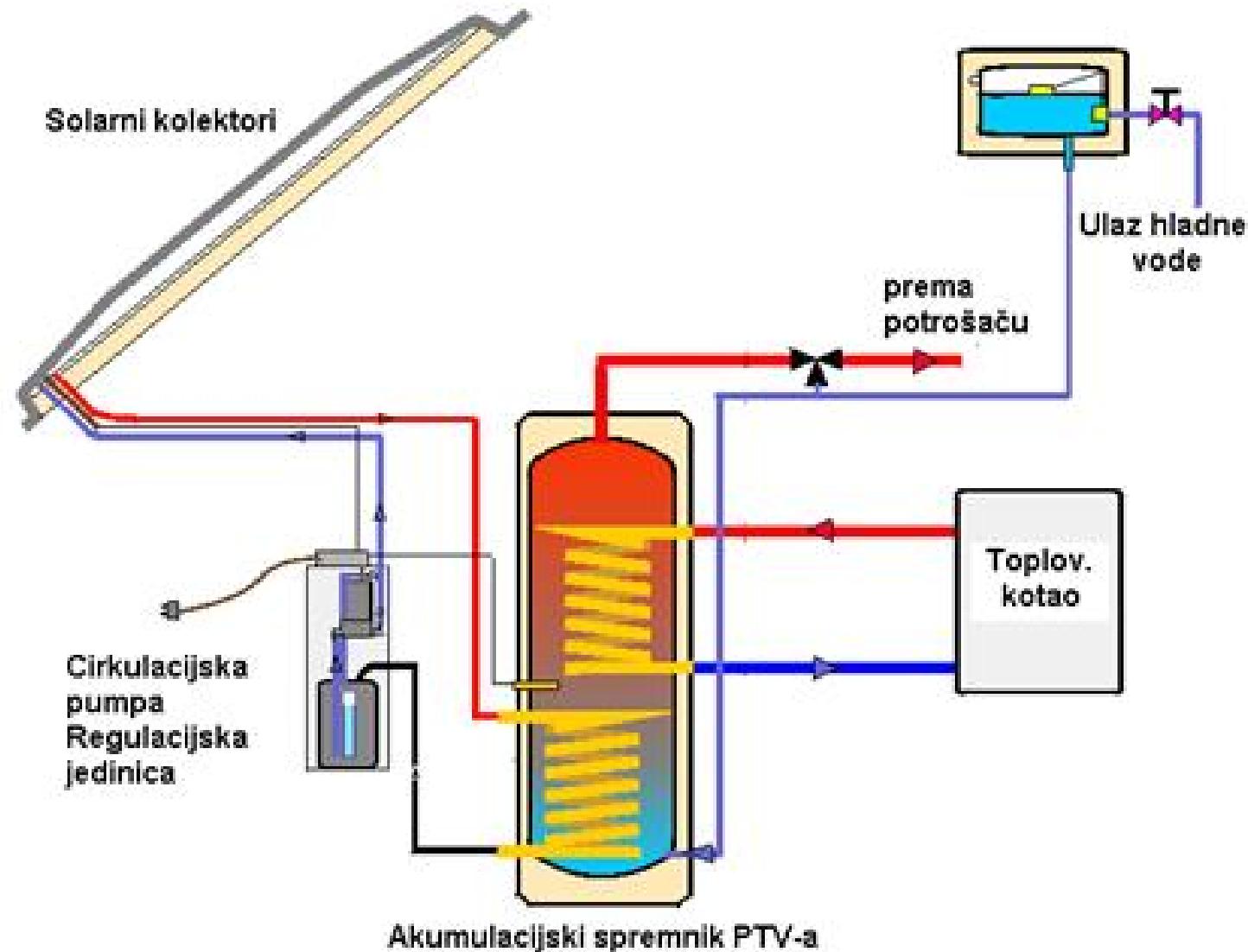
Iskorištanje energije sunca

**AKTIVNI SUSTAVI-grijanje PTV-a i prostora, hlađenje, proizvodnja pare i el. energije:
pločasti i vakuumski kolektor, parabolični i koncentrirajući kolektori, fotonaponske ćelije (PV)**

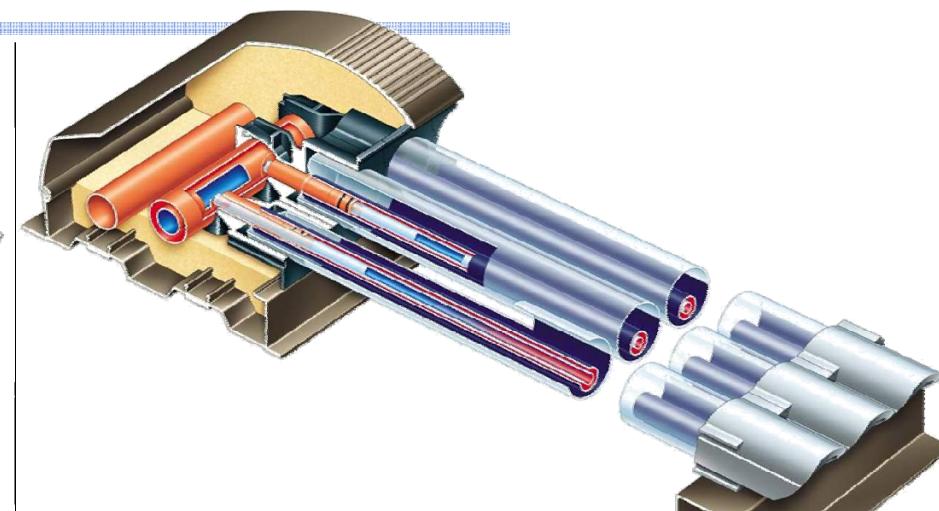


PASIVNI SUSTAVI-iskorištanje sunčeve energije za grijanje primjereno: arhitekturom, rasporedom prostorija, odabirom ostakljenja, materijalom zidova, orijentacijom zgrade

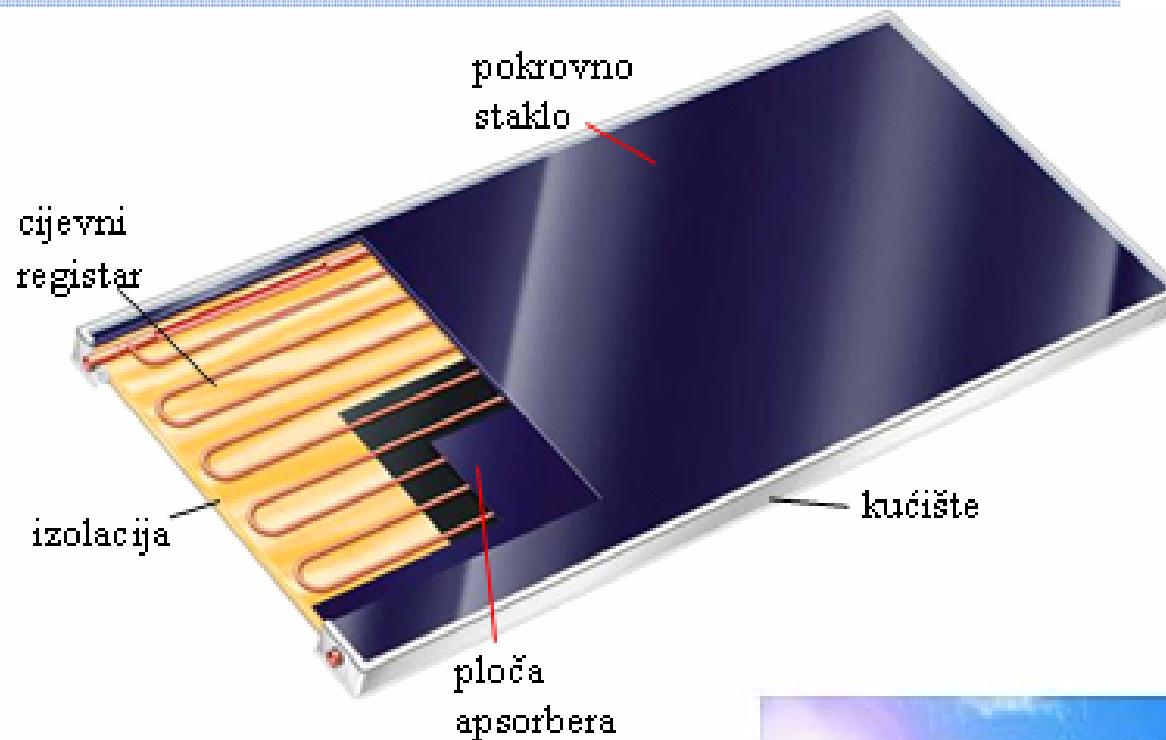
Sunčani toplovodni sustavi



Tipovi sunčevih kolektora



Pločasti sunčevi kolektor

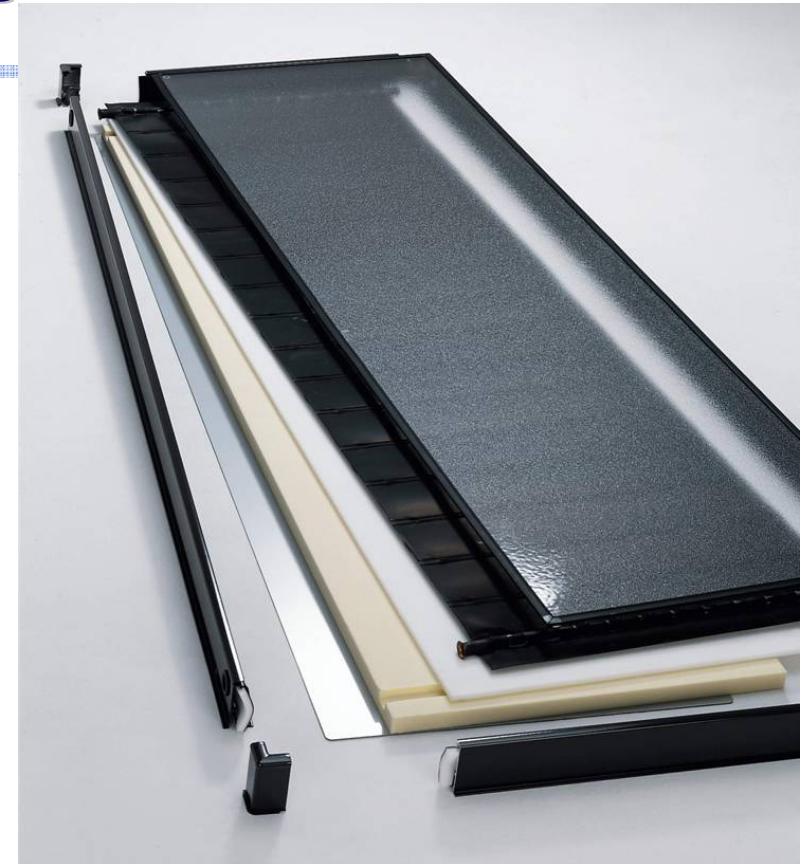


Pločasti sunčevi kolektori-karakteristike

Potrošna topla voda, niskotemp., max temp. do 80°C , radna temp. $(40 \div 60)^{\circ}\text{C}$, god. efikasnost= $(50 \div 60)\%$

Sastoji se od apsorberske ploče sa pričvršćenim cijevnim registrom cijevi, pokrovnim stakлом i stražnjom izolacijom, sve smješteno u kućište (najčešće Al)

Apsorberska ploča – selektivni premaz visoko-apsorpcijskih svojstava za kratkovalno zračenje ($\alpha=0.9 \div 0.96$) i male emisivnosti ($\varepsilon=0.06 \div 0.2$) u području dugih valova (IC). Pokrovno staklo- koef. transmisije za kratkovalno zračenje je $\tau=0.9 \div 0.95$ a za dugovalno $\tau<0.02$



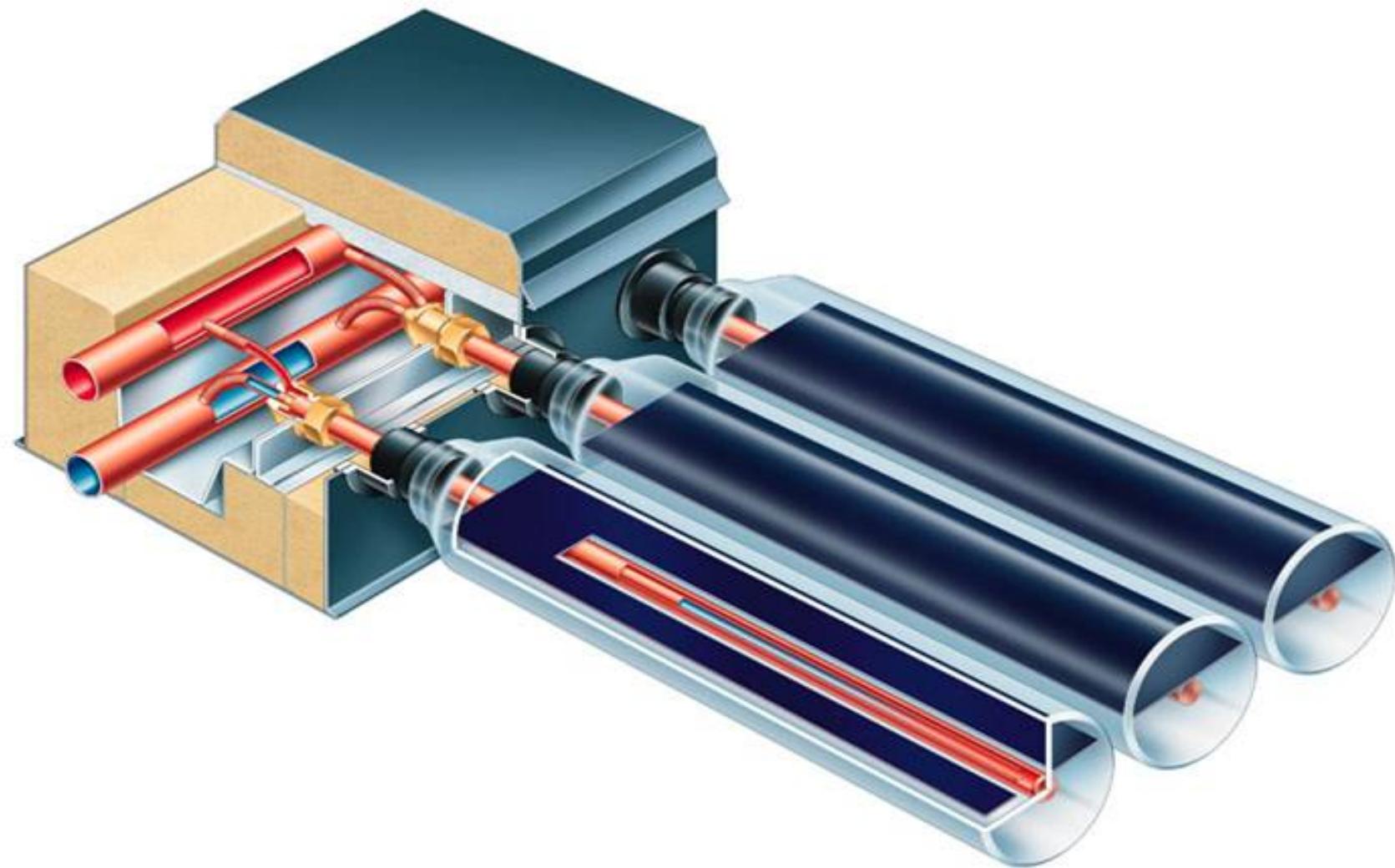
Radni fluid: voda, propilen glikol/voda

Stražnja izolacija - $30 \div 50$ mm

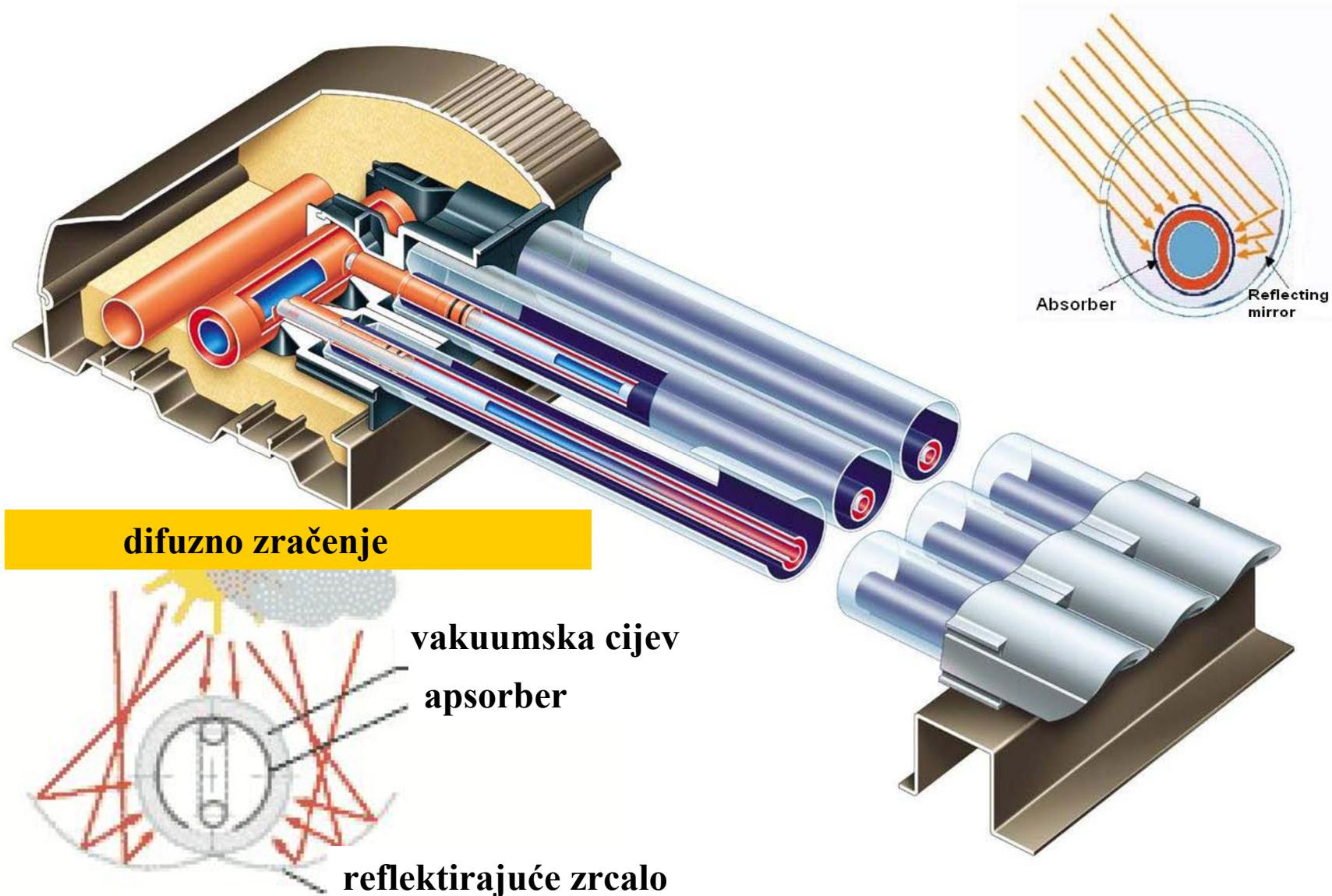
Vakuumski sunčevi kolektor



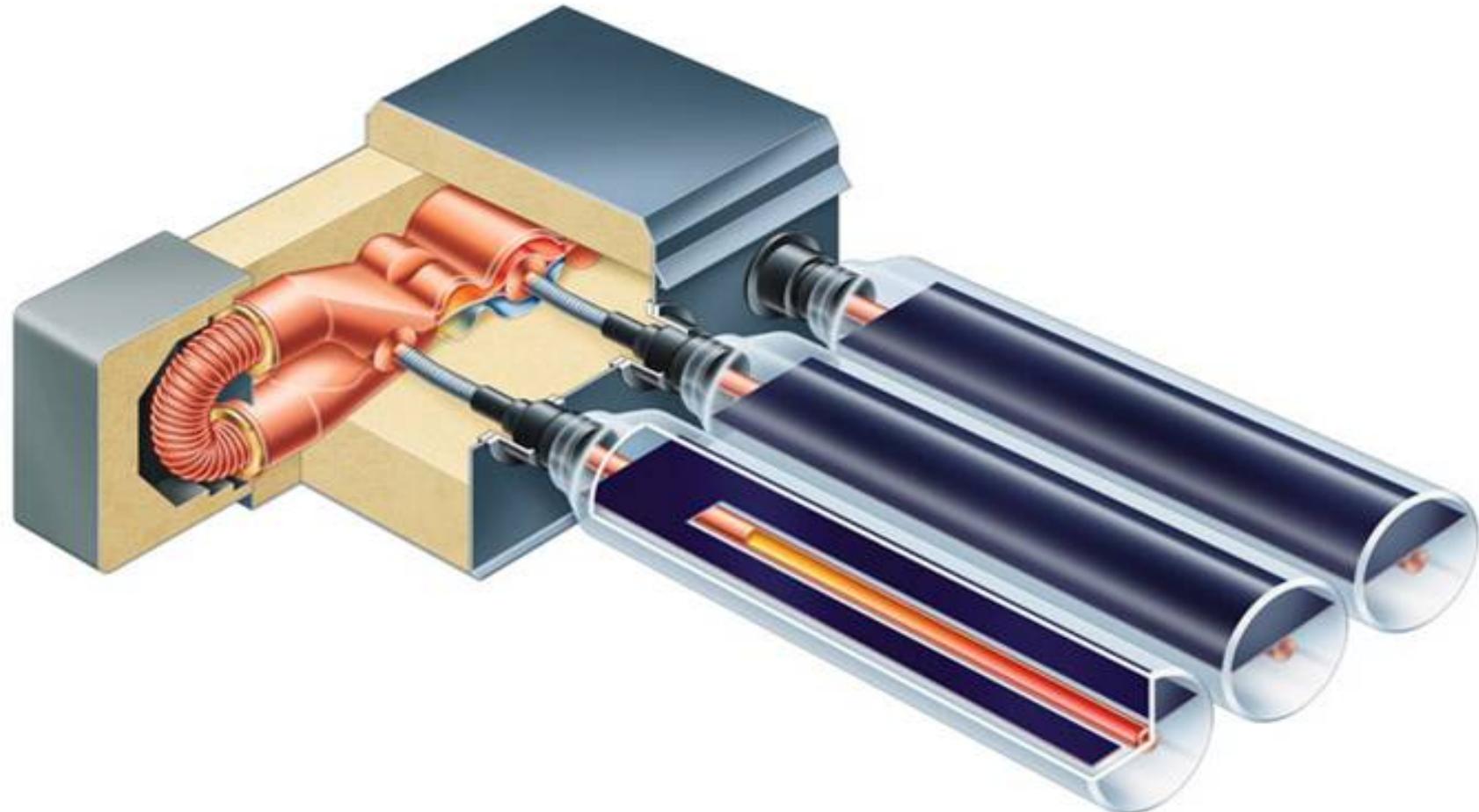
Vakuumski kolektor s apsorberskim pločama



Vakuumski kolektor-ovalni apsorber



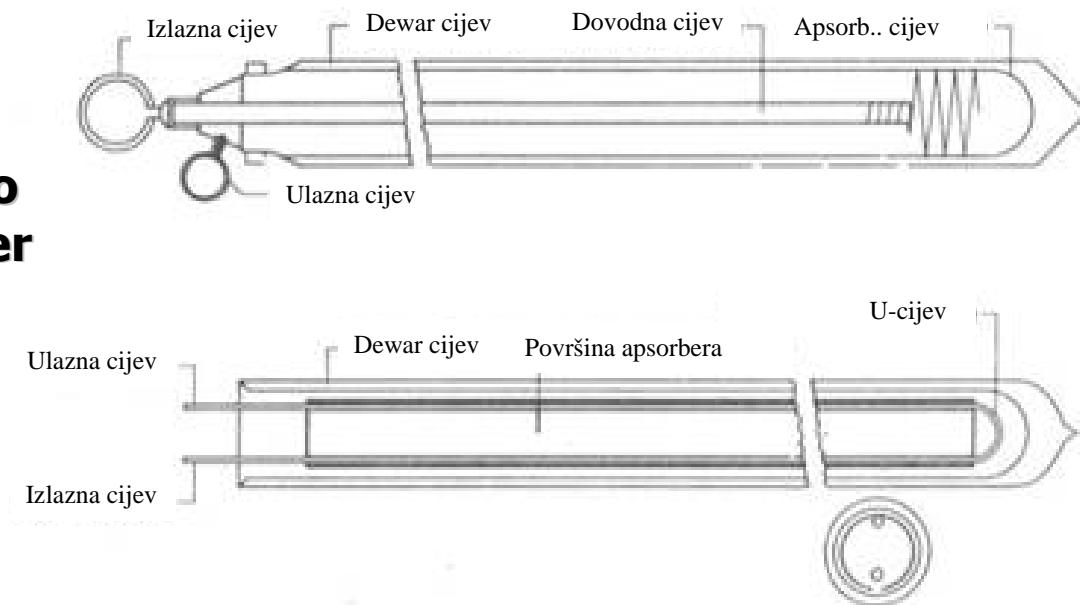
Vakuumski kolektor – heat pipe



Vakuumski sunčevi kolektori - karakteristike

Potrošna topla voda, grijanje prostora, max temp. do 100°C , radna temp. $(40 \div 60)^{\circ}\text{C}$, efikasnost= $(50 \div 60)\%$

Sastoje se vakumirane cijevi (Dewar-ova cijev) sa ili bez reflektirajućih zrcala koja usmjeravaju difuzno i direktno zračenje na selektivni apsorber ($\varepsilon=0.9 \div 0.95$)



Radni medij: voda, alkohol, glikol

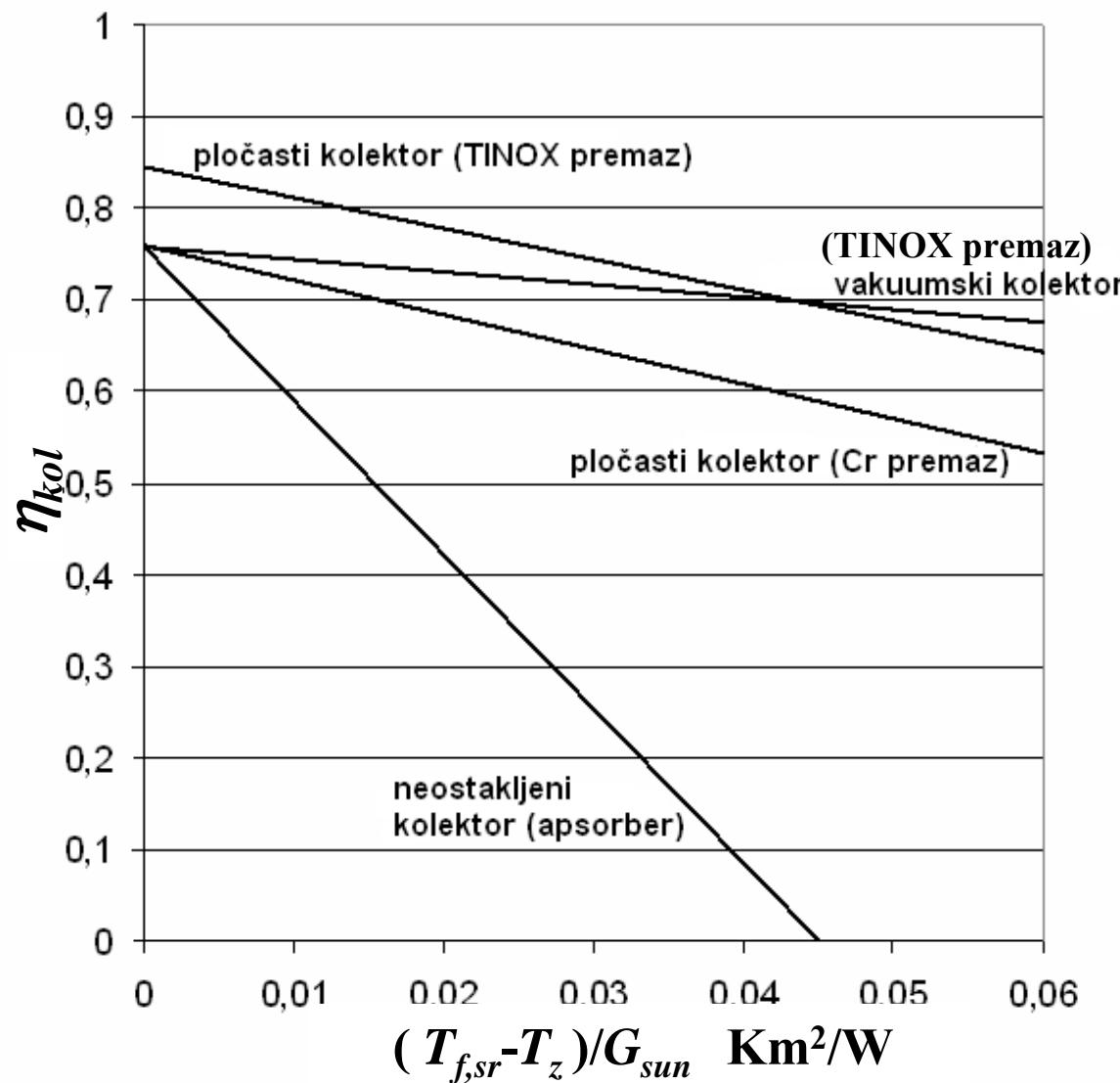
Skuplji od pločastih tipova, osjetljivi na gubitak vakuma, pogodniji za hladne klime s manjom insolacijom

Sunčevi kolektori – neostakljeni apsorberi



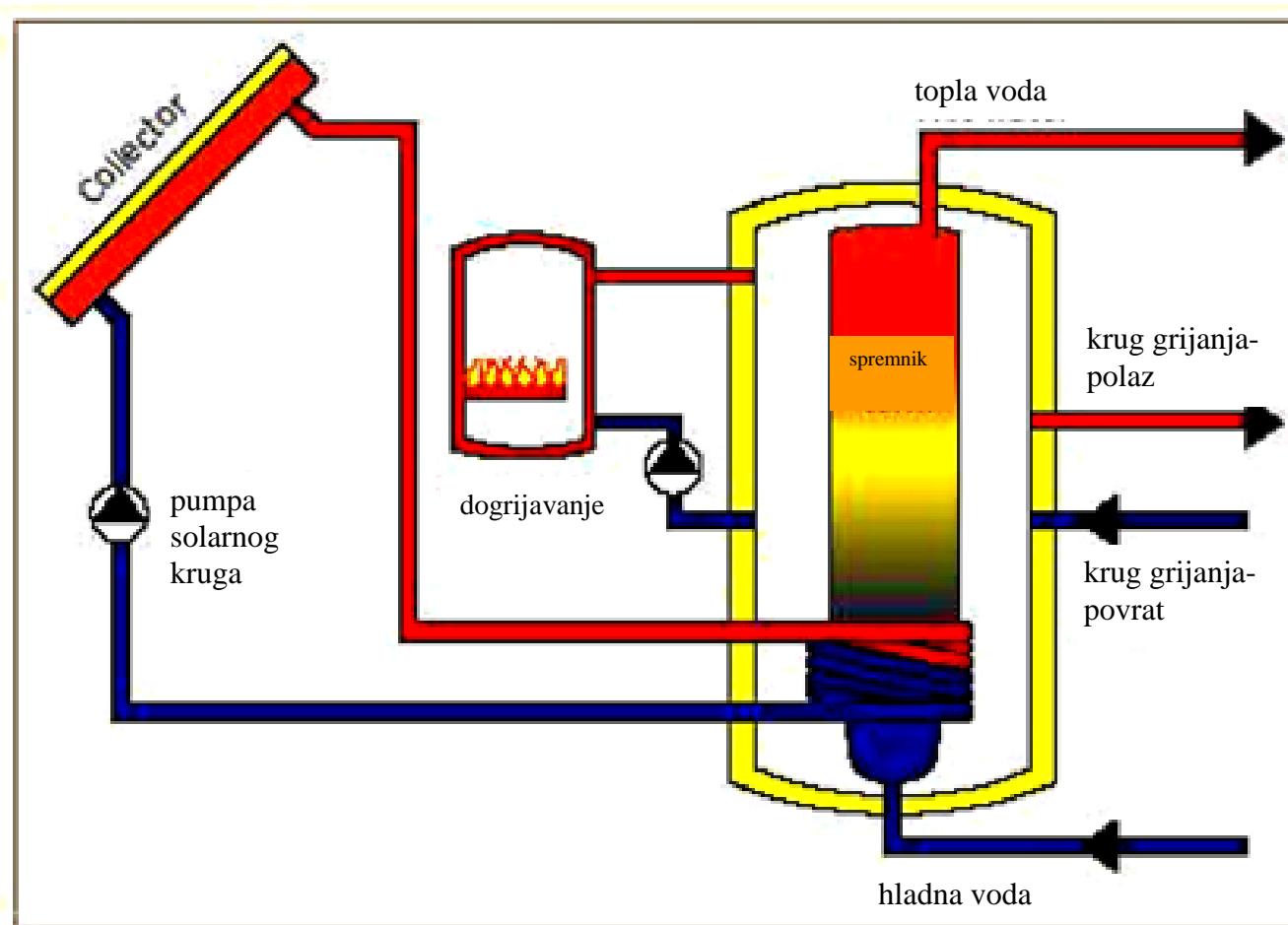
- napravljeni od UV otporne gume ili plastike
- za niskotemperатурне aplikације ($24 \div 32$ °C (npr. plivačke bazene))
- niska efikasnost, propadanje materijala
- niska cijena, jednostavna ugradnja

Sunčevi kolektori – krivulje efikasnosti (prema HRN EN 12975)



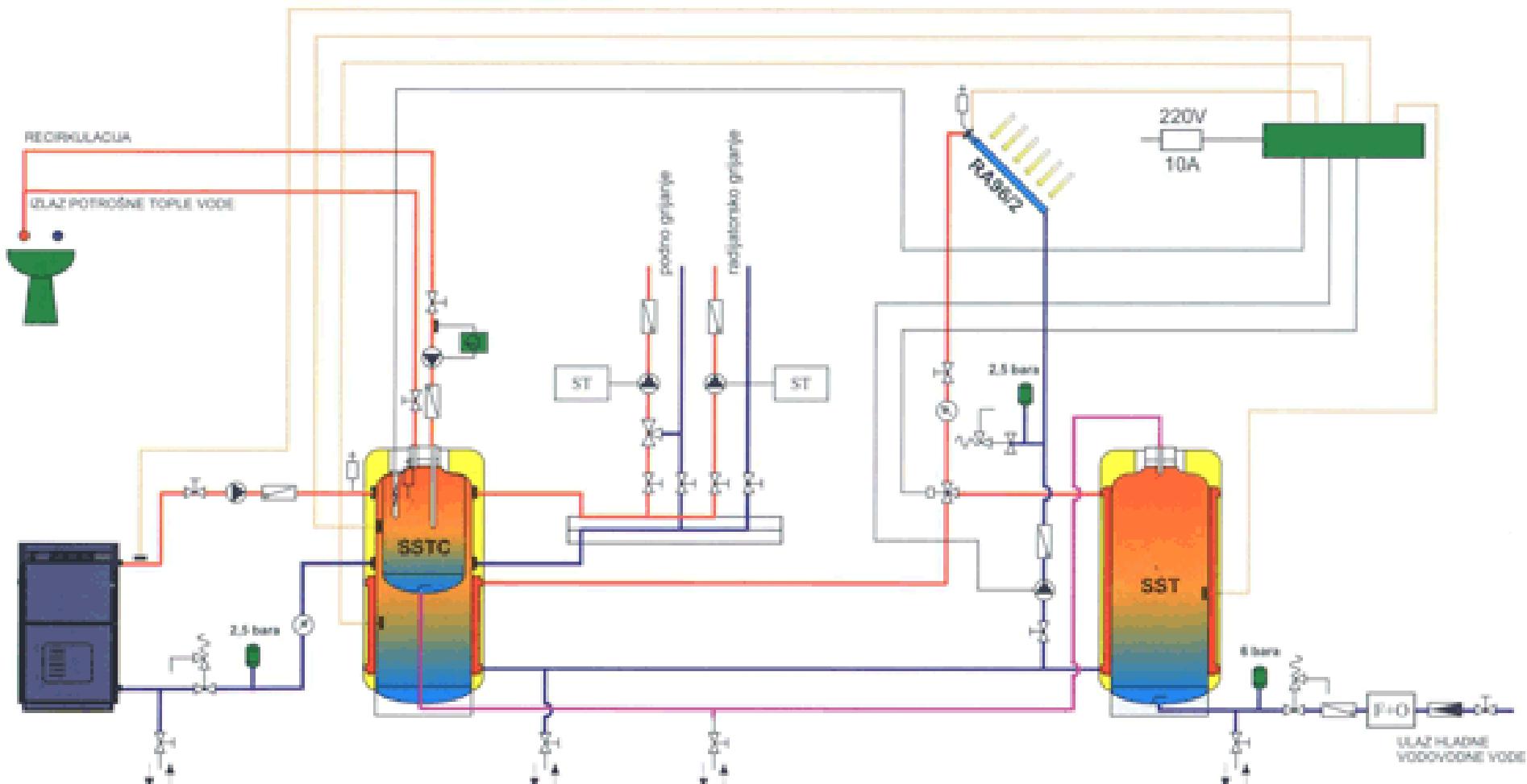
Toplovodni sunčani sustavi

Sustav s dvostrukim spremnikom - "spremnik u spremniku"

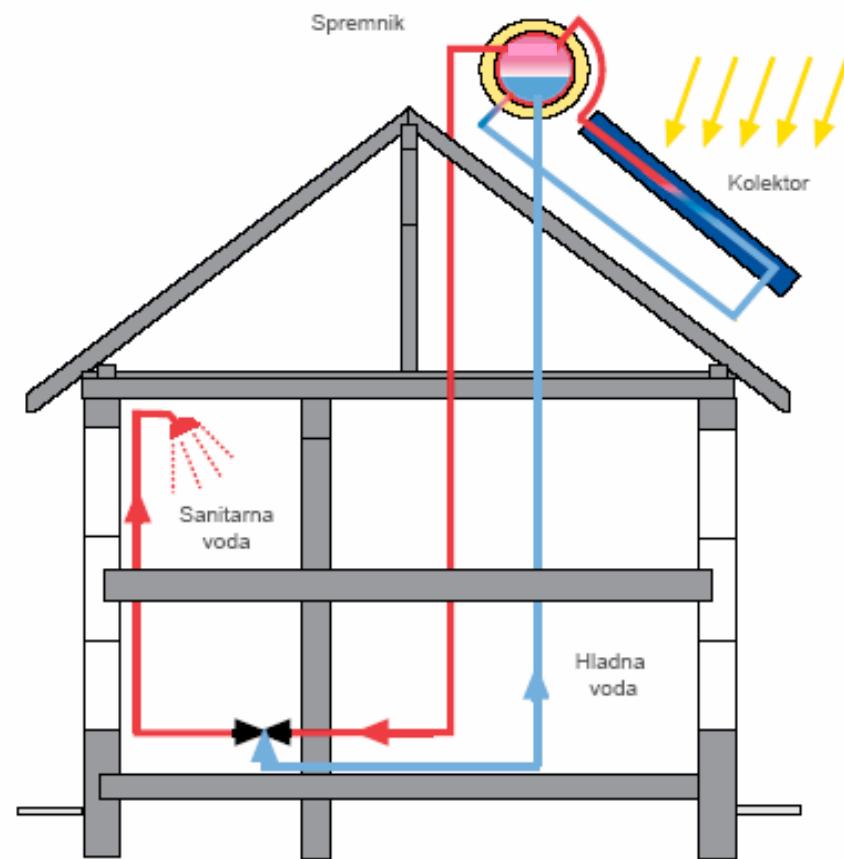


Toplovodni sunčani sustavi

Sustav s dva odvojena spremnika



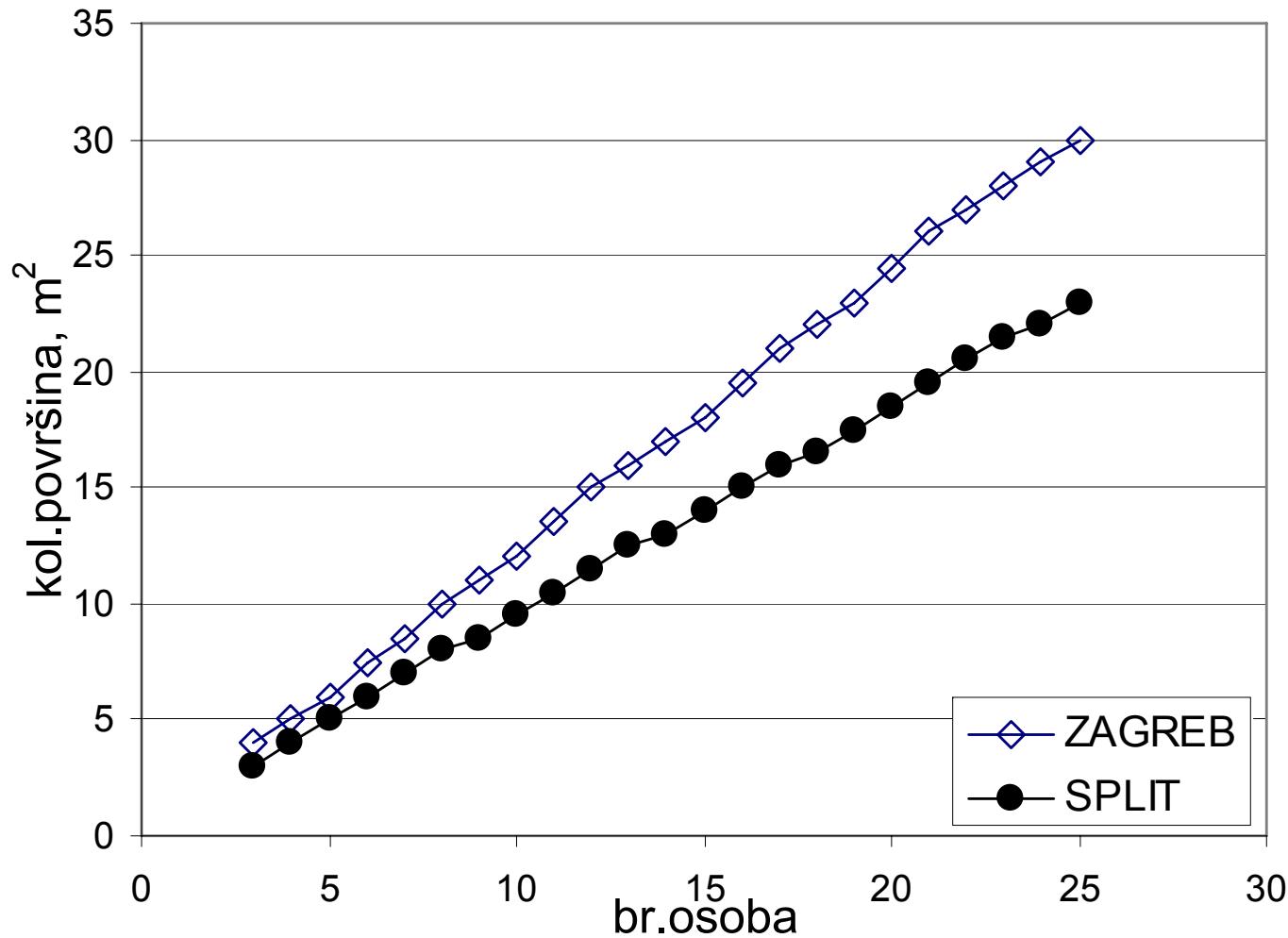
Toplovodni sunčani sustavi – Sustavi s prirodnom cirkulacijom



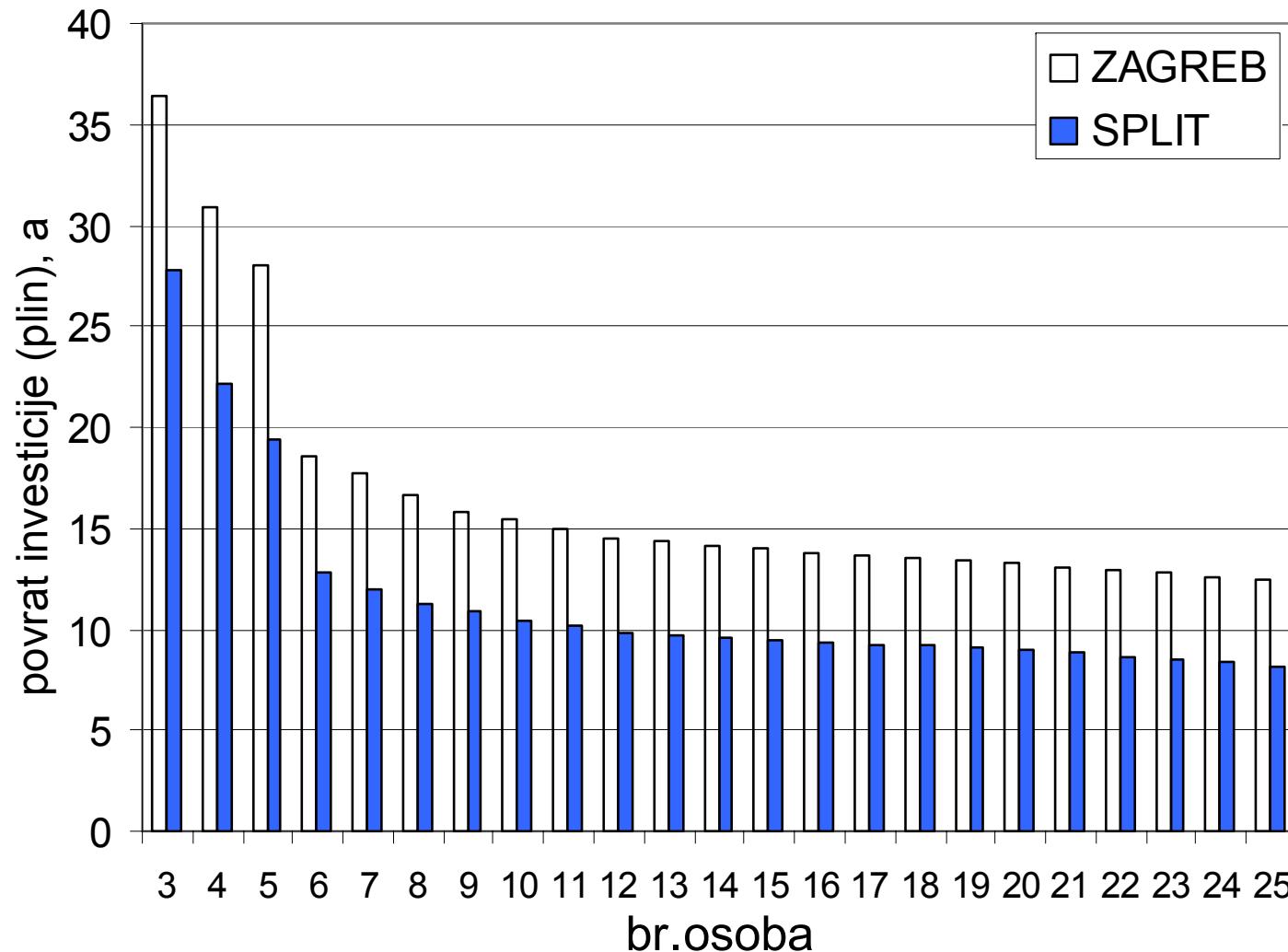
Simulacija i ekonomično dimenzioniranje sunčanih sustava

- Kod sunčanih sustava namijenjenih isključivo pripremi PTV-a odabir broja kolektora i njihovog nagiba te veličine spremnika ponajviše ovisi dnevnoj potrošnji vode u pojedinom dijelu godine, klimatskom području (kontinentalni ili primorski dio), te orijentaciji kolektora u odnosu na strane svijeta.
- tipične vrijednosti za obitelj sa 4-5 članova su $4-6 \text{ m}^2$ kolektora u kontinentalnom dijelu i 4 m^2 u primorskom dijelu uz spremnik zapremine 200-300 Lit.
- npr. s TINOX kolektorima mont. pod 45° kroz cijelu godinu moguće je prikupiti oko **600 kWh/m²** toplinske energije u kontinentalnom dijelu i oko **900 kWh/m²** u primorskem dijelu naše zemlje.

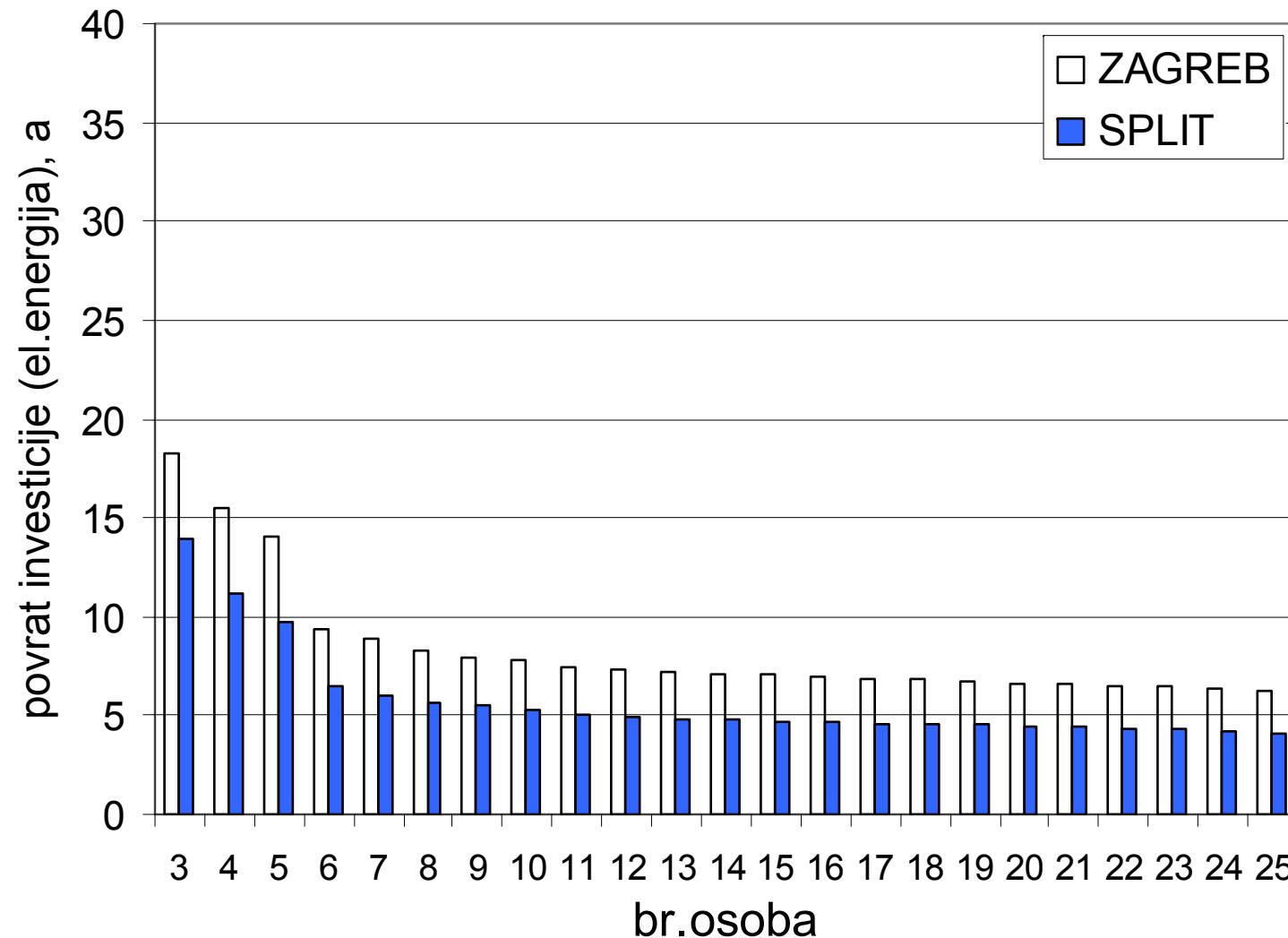
Dimenzioniranje sunčanih toplovodnih sustava



Dimenzioniranje sunčanih toplovodnih sustava



Dimenzioniranje sunčanih toplovodnih sustava



Pasivno solarno grijanje

Tri osnovna načina pasivnog solarnog grijanja su

direktno grijanje,

termo-akumulacijski zid (Thombe wall)

i zimski vrt.

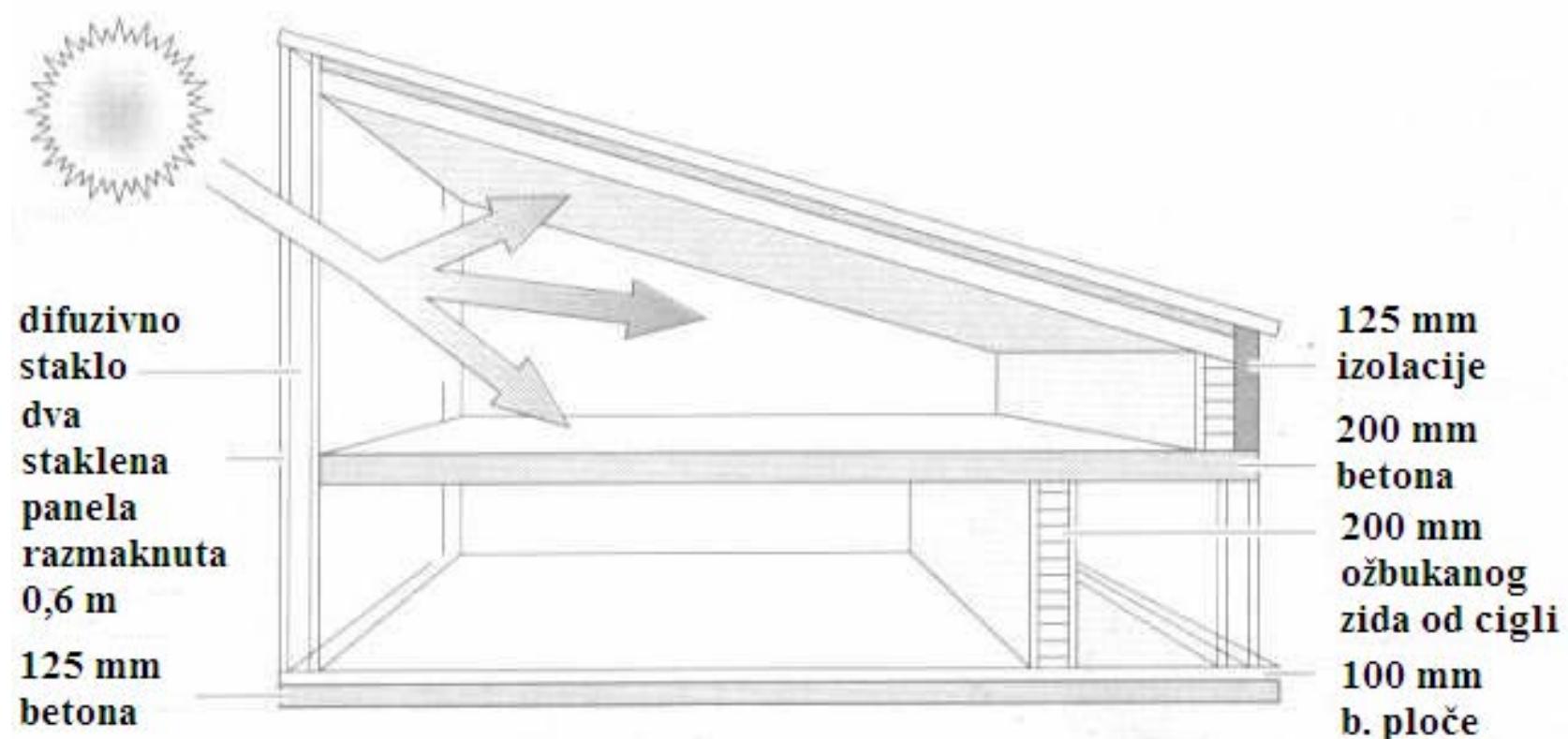
Direktno grijanje

Velike prozorske površine koriste se za propuštanje sunčevog zračenja u prostore zgrade gdje se sunčeva energija apsorbira i akumulira u zidovima povećanog toplinskog kapaciteta (npr. beton velike gustoće, cigla).

Prozore je najbolje smjestiti na južnim fasadama, pri čemu bi dnevne i spavaće sobe trebale biti smještene na toj strani kuće, dok se ostale prostorije poput kuhinje, kupaonice itd. smještaju u sjevernim dijelovima kuće.

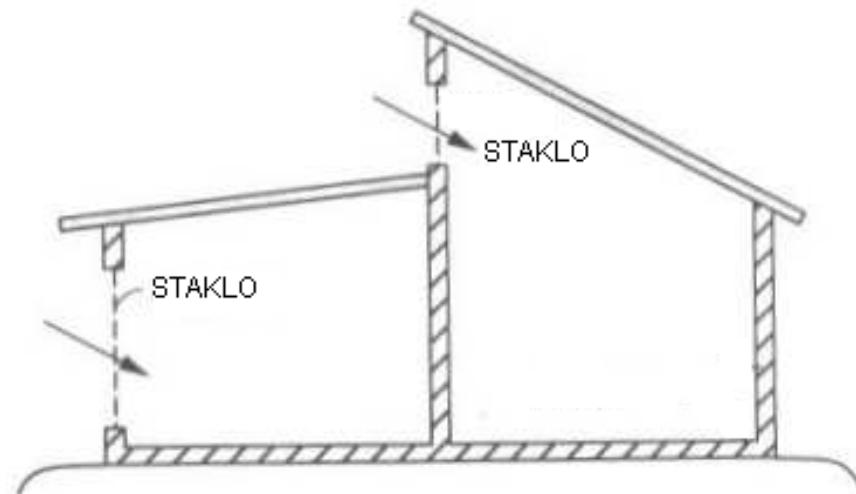
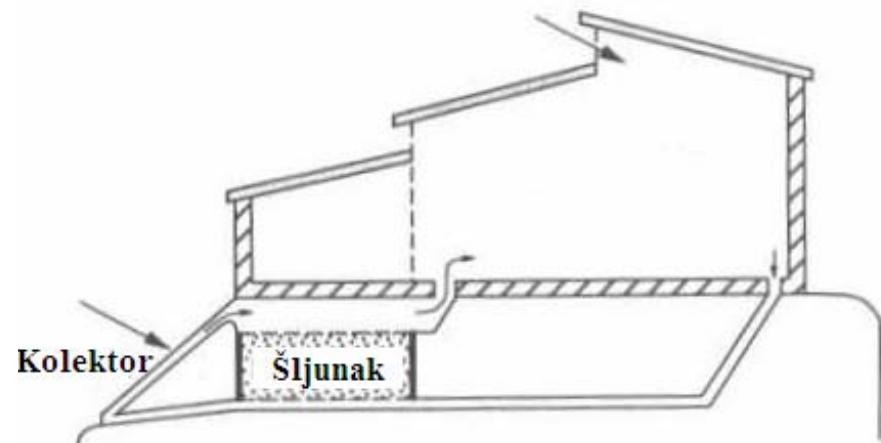
Pasivno solarno grijanje

Direktno solarno grijanje



Pasivno solarno grijanje

Direktno solarno grijanje



Pasivno solarno grijanje

Termo-akumulacijski zid (Thombe wall)

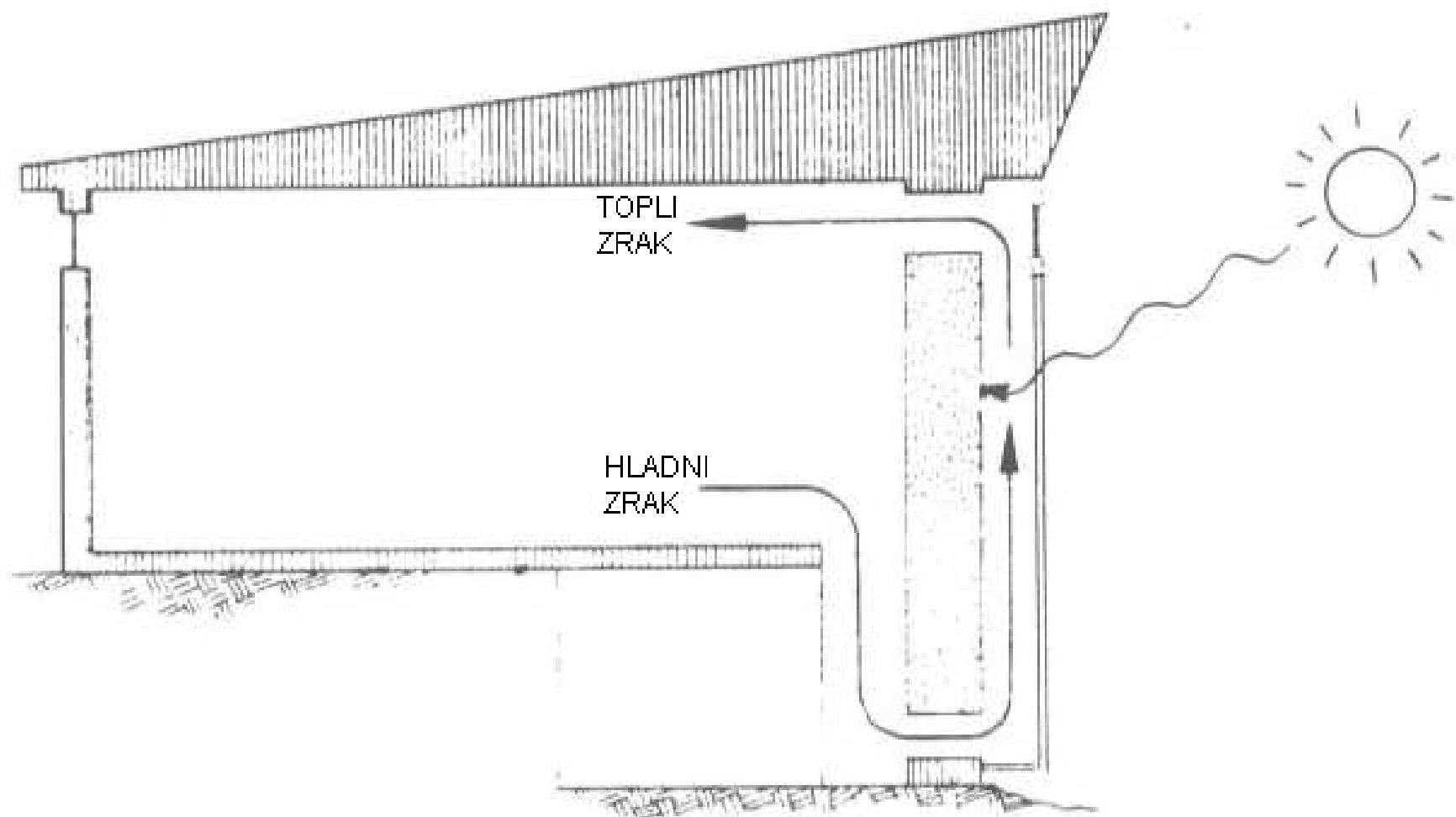
Znatnije količine sunčeve energije mogu se na kontrolirani način prikupiti uz pomoć termo-akumulacijskog zida-solarnog kolektora poznatog još kao Thombe wall.

Isti se sastoji od betonske ploče (debljine 30-tak cm) pokrivenе stakлом izvana. Zrak cirkulira slobodnom konvekcijom (ili iznimno uz pomoć ventilatora) između stakla i apsorbera-betonske ploče.

Pokretna izolacija se može koristiti za smanjivanje toplinskih gubitaka u dane s niskom insolacijom, dok se ljeti njome sprječava pregrijavanje zida odnosno prostora.

Pasivno solarno grijanje

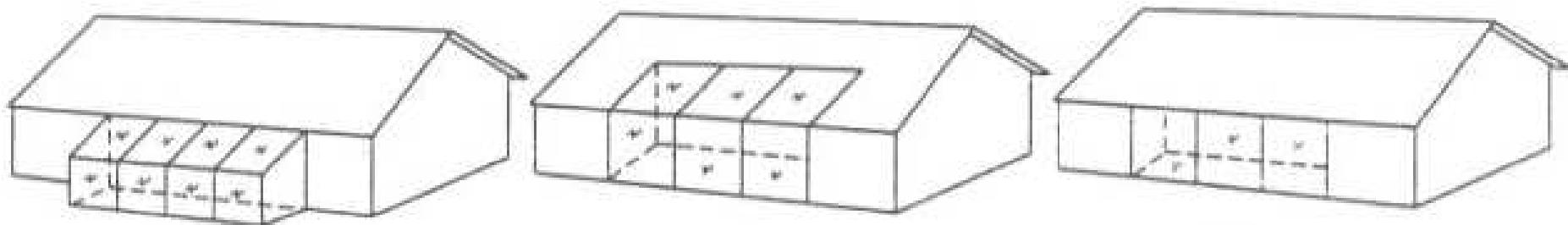
Thombe wall



Pasivno solarno grijanje

Zimski vrt (staklenik)

Zimski vrt djeluje poput solarnog kolektora gdje ulogu apsorbera imaju zidovi (velikog toplinskog kapaciteta) i pod. Istovremeno time se osigurava i dodatni prostor boravka čime se jedino mogu opravdati visoki troškovi ugradnje. Zagrijani zrak iz zimskog vrta se distribuira u ostatak kuće kroz otvore slobodnom konvekcijom ili pak ventilatorom.



Fotonaponske ćelije

Pretvaraju energiju sunčevog zračenja u električnu.



Fotonaponske ćelije

Vrste:

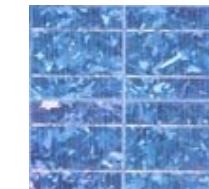
Monokristalne, $\eta = 15\%$

- proizvedene od Si visoke čistoće, jednolike strukture kristalne rešetke,
- skup proces proizvodnje ("Crystal growth")
- potrebna debljina najmanje 0,2 mm



Polikristalne, $\eta = 10\%$

- proizvedene od Si manje čistoće, nejednolike strukture kristalne rešetke,
- jeftinije od monokristaličnih
- lakše ih je formirati u pogodnije kvadratične oblike (manji gubitak korisne površine)



Amorfne, $\eta = 4 \text{ do } 6\%$

- dobiva se razlaganjem plina silana SiH_4 -nanosi se kao tanki film na bilo koju podlogu u bilo kojem obliku
- 10× bolja apsorpcija svjetlosti,
- puno jeftiniji od mono i poli kristaličnih-30% tržišta 1990.

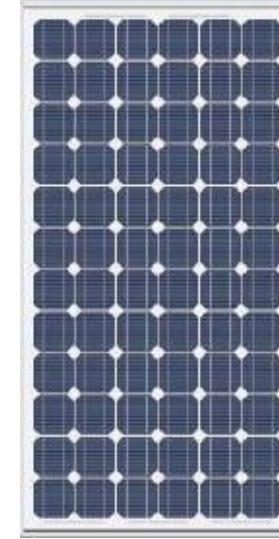
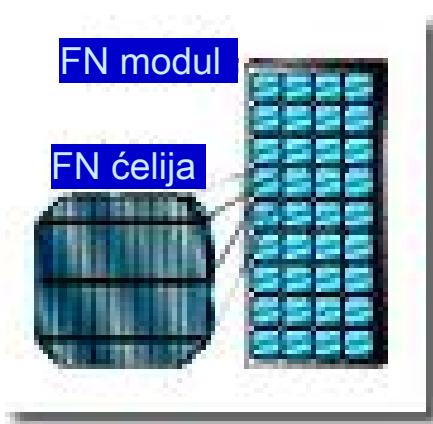


Fotonaponske ćelije

Tipična monokristalna Si fotonap. ćelija proizvodi napon od oko 0.5 V i struju manju od 3 A

Potrebno je spojiti više takvih ćelija u seriju da bi se dobio napon veći od 12 V (nominalni napon većine baterija)

Tako spojene ćelije formiraju fotonaponske module koji imaju maksimalnu snagu oko 73 W (pri insolaciji od 1000 W/m^2) i površinu oko $0,5 \text{ m}^2$ ($1 \times 0,5 \text{ m}$)

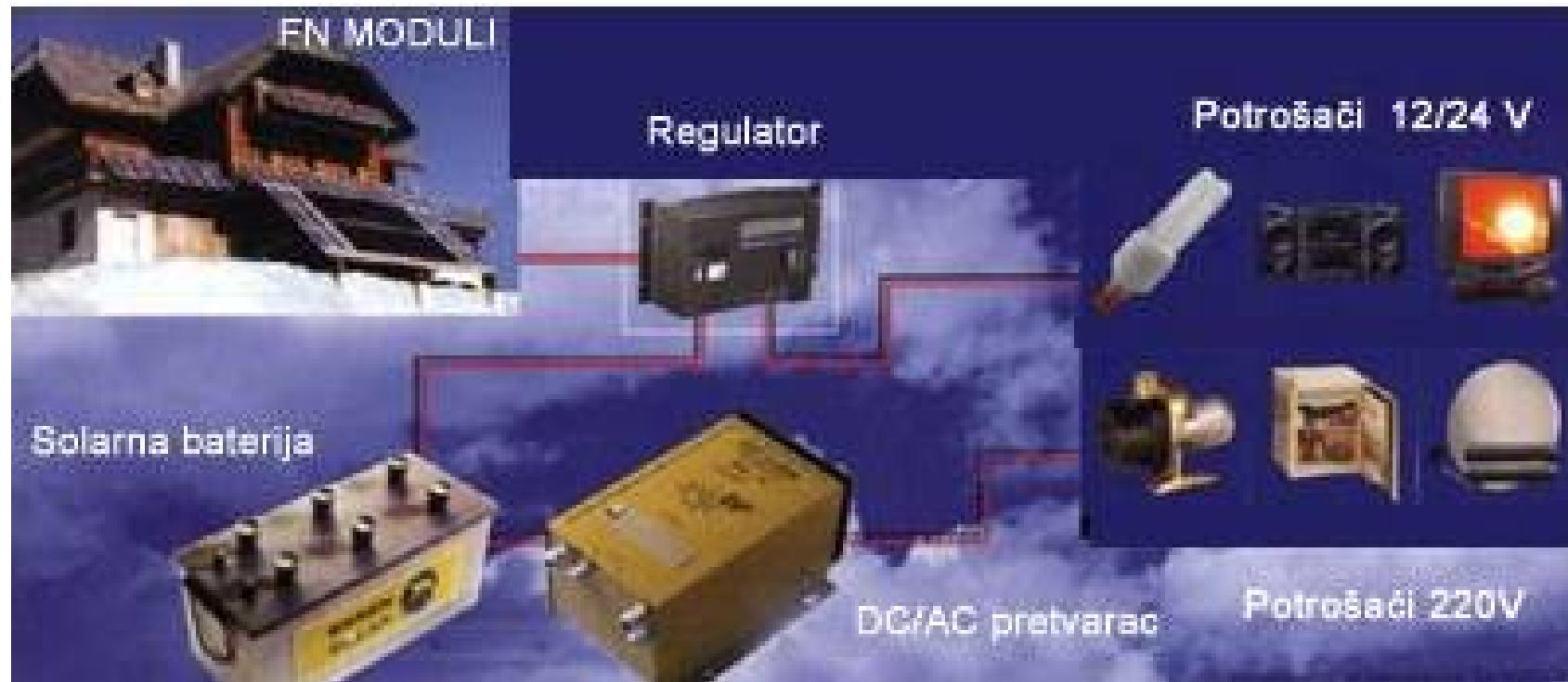


Primjeri korištenja su npr. planinarski domovi, radio repetitori na vrhovima planina, telefonske govornice uz autoceste, ulična rasvjeta, parkirni automati, baterije za manje brodove i jedrilice itd.

Fotonaponske ćelije

Električna energija proizvedena fotonaponskim ćelijama se uskladištava u baterijama sličnim onima kakve se koriste kao akumulatori u automobilima.

Punjenje/praznjenje se regulira posebnim regulatorom, a obično se i ugrađuje i pretvarač istosmjerne struje u izmjeničnu, prikladnu za pogon uređaja u kućanstvu



Fotonaponske čelije

Pretvorba kemijske energije baterije natrag u el. energiju (gubici 20%) te ostali gubici u navedenim regulatorima i pretvaračima dodatno smanjuju efikasnost pretvorbe sunčeve u korisnu el. energiju

Zbog male efikasnosti i još uvijek visoke cijene (3-5 EUR / W), fotonaponske čelije ugrađuju se samo tamo gdje su potrebne male snage ili već ne postoji priključak na el. mrežu.

Hrvatska:

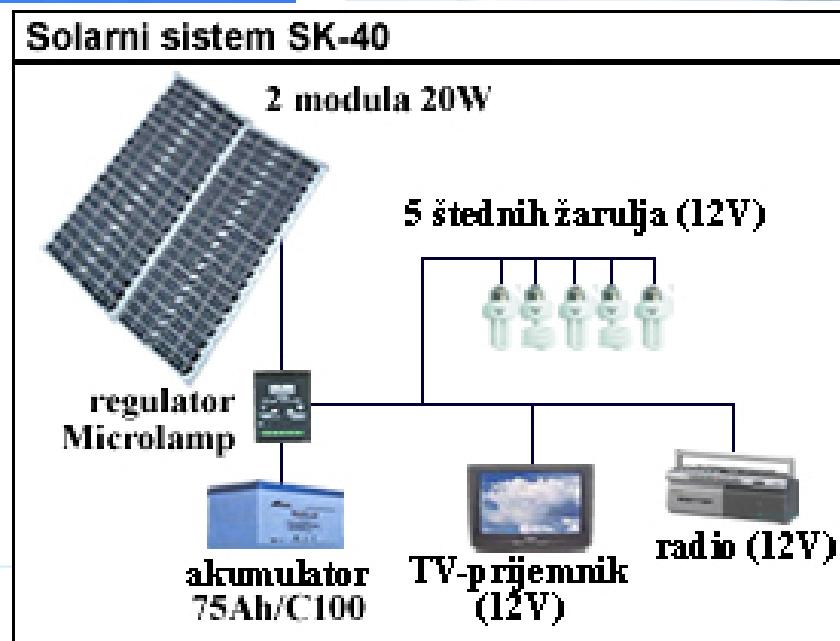
- malo realiziranih poticaja
- poteškoće pri ishođenju suglasnosti za priključak na mrežu



Fotonaponske ćelije-primjeri korištenja



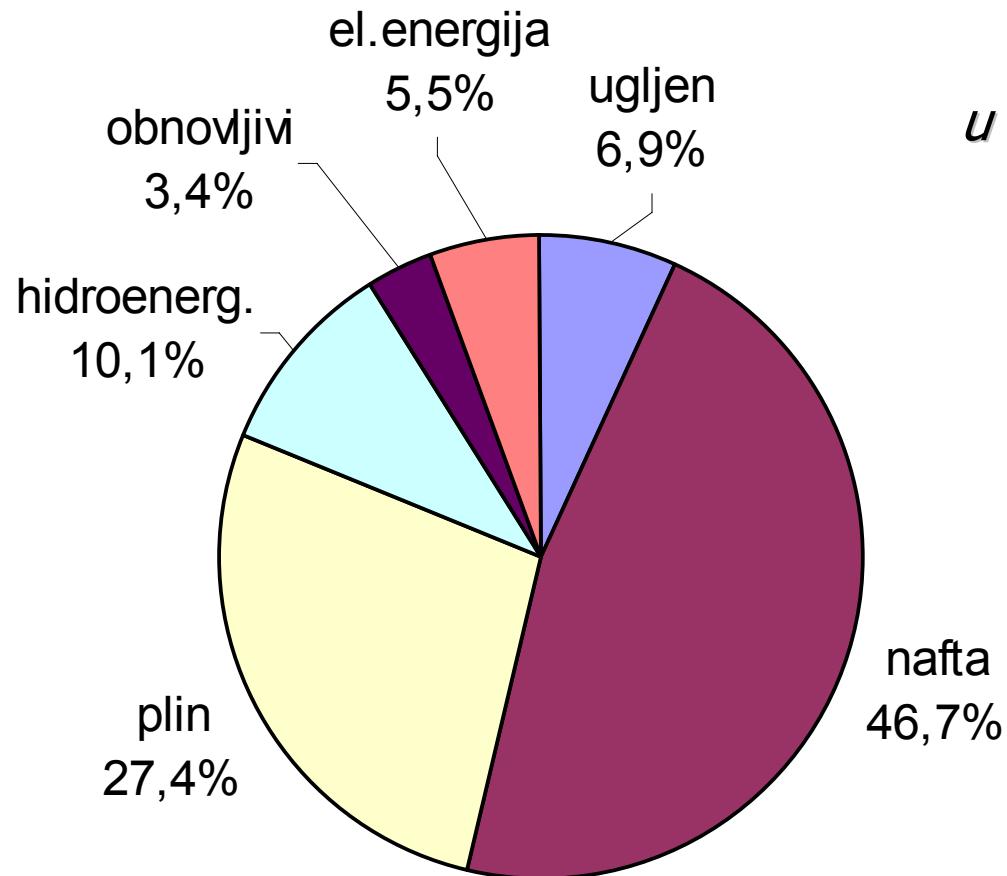
Fotonaponske ćelije-primjeri korištenja



Fotonaponske ćelije-primjeri korištenja



Udio pojedinih izvora energije u ukupnoj potrošnji primarne energije u R. Hrvatskoj 2007. g



u udjelu obnovljivih izvora od 3,4% najveći dio otpada na biomasu, dok ostali obnovljivi izvori sudjeluju s <0,5% u ukupnoj potrošnji primarne energije

Uporaba sunčeve energije u R. Hrvatskoj

- Hrvatska je tijekom '70-tih bila jedna od vodećih zemalja u svijetu u promoviranju i istraživanjima iskorištenja sunčeve energije
- danas primjerice jedna Slovenija ima 2 puta više instaliranih kolektora od nas dok Austria čak 50 puta više unatoč upola manjoj godišnjoj insolaciji.
- zbog relativno velikih investicijskih troškova u odnosu na konvencionalne sustave za grijanje i pripremu PTV-a, većina Europskih zemalja subvencionira ulaganje u opremu za iskorištavanje obnovljivih izvora energije (Slovenija daje poticaje u iznosu od 100-150 EUR po m² instalirane površine kolektora, Austria pokriva 30% investicije u solarni sustav, itd).

Energetski certifikat niskoenergetske kuće

 prema Direktivi 2002/91/EC	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Zgrada</th> <th><input checked="" type="checkbox"/> nova</th> <th><input type="checkbox"/> postojeća</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vrsta zgrade</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>K.č. k.o.</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Adresa</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Mjesto</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Vlasnik / investitor</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Izvođač</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Godina izgradnje</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">$Q_{H,nd,rel}$</th> <th rowspan="2">%</th> <th>Izračun</th> </tr> <tr> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A+</td> <td>≤ 15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>≤ 25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>≤ 50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>≤ 100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>≤ 150</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>≤ 200</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>≤ 250</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>> 250</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Energetski certifikat za nestambene zgrade</p> <p>Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat</p> <p>Ovlaštena fizička osoba Ovlaštena pravna osoba Imenovana osoba Registarski broj ovlaštene osobe Broj energetskog certifikata Datum izdavanja/rok važenja Potpis</p> <p>Podaci o zgradici</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>$A_k [m^2]$</td> <td style="text-align: right;">270</td> </tr> <tr> <td>$V_e [m^3]$</td> <td style="text-align: right;">840</td> </tr> <tr> <td>$f_0 [m^{-1}]$</td> <td style="text-align: right;">0,76</td> </tr> <tr> <td>$H'_{tr,adj} [W/(m^2K)]$</td> <td style="text-align: right;">0,33</td> </tr> <tr> <td>$Q''_{H,nd,ref} [kWh/(m^2a)]$</td> <td style="text-align: right;">27</td> </tr> </tbody> </table>	Zgrada	<input checked="" type="checkbox"/> nova	<input type="checkbox"/> postojeća	Vrsta zgrade			K.č. k.o.			Adresa			Mjesto			Vlasnik / investitor			Izvođač			Godina izgradnje			$Q_{H,nd,rel}$	%	Izračun	34	A+	≤ 15		A	≤ 25		B	≤ 50		C	≤ 100		D	≤ 150		E	≤ 200		F	≤ 250		G	> 250		$A_k [m^2]$	270	$V_e [m^3]$	840	$f_0 [m^{-1}]$	0,76	$H'_{tr,adj} [W/(m^2K)]$	0,33	$Q''_{H,nd,ref} [kWh/(m^2a)]$	27
Zgrada	<input checked="" type="checkbox"/> nova	<input type="checkbox"/> postojeća																																																													
Vrsta zgrade																																																															
K.č. k.o.																																																															
Adresa																																																															
Mjesto																																																															
Vlasnik / investitor																																																															
Izvođač																																																															
Godina izgradnje																																																															
$Q_{H,nd,rel}$	%	Izračun																																																													
		34																																																													
A+	≤ 15																																																														
A	≤ 25																																																														
B	≤ 50																																																														
C	≤ 100																																																														
D	≤ 150																																																														
E	≤ 200																																																														
F	≤ 250																																																														
G	> 250																																																														
$A_k [m^2]$	270																																																														
$V_e [m^3]$	840																																																														
$f_0 [m^{-1}]$	0,76																																																														
$H'_{tr,adj} [W/(m^2K)]$	0,33																																																														
$Q''_{H,nd,ref} [kWh/(m^2a)]$	27																																																														

Energetski certifikat niskoenergetske kuće

Usporedni rezultati

bez sol.sustava		
topl.potreba (grij.&PTV)	14717	14717 kWh/a
rasvjeta	5213	5213 kWh/a
iskorištena solar.en	6488	kWh/a
ušteda na kotlu	974	kWh/a
ušteda na pumpi	26	kWh/a
isporučena en.	21810	29298 kWh/a
primarna en.	44613	52900 kWh/a
udio obnovlj.u topl.potr ep (grij.&PTV)	44 1,63	2,19 %

Klimatski podatci	
Klimatski podaci (kontinentalna ili primorska Hrvatska)	kontinentalna
Broj stupanj dana grijanja SD [Kd/a]	3045
Broj dana sezone grijanja Z [d]	180
Srednja vanjska temperatura u sezoni grijanja θ_e [°C]	11,2
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja θ_i [°C]	21



Podaci o termotehničkim sustavima zgrade

Način grijanja zgrade (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	centralno
Izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu potrošne tople vode	solarni sustav i niskotemp. plin.toplov. kotao 15 kW +zračno i podno grij.+recirk. PTV-a
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	centralno
Izvori energije koji se koriste za hlađenje	zrak.hlađ.rashladnik vode 7 kW+zračno+podno hlađ.
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez ili s povratom topline)	prisilna s 60% rekuperacijom
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	solarni sustav za grijanje i PTV s 13,2 m ² pločastih kolektora i spremnikom 750 Lit
Udio obnovljivih izvora energije u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje [%]	88

Energetske potrebe

	Za referentne klimatske podatke		Za stvarne klimatske podatke		Zahtjev	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Dopušteno [kWh/(m ² a)]	Ispunjeno DA / NE
$Q_{H,nd}$	7375	27			80	DA
Q_W	7342	27				
$Q_{H,ls}$	1812	7				
$Q_{W,ls}$	2506	9				
Q_H	19036	71				
$Q_{C,nd}$	3040	11				
$Q_{C,ls}$	741	3				
Q_C	3781	14				
Q_{Ve}	9012	33				
E_L	5213	19				
E_{del}	21810	81				
E_{prim}	44613	165				
CO_2 [kg/a]	7783					
$Q'_{H,nd}$ [kWh/(m ³ a)]		9			26	DA

Objašnjenje:

obvezna ispuna

ispunjava se opcijски

HVALA NA PAŽNJI

www.fsb.hr/encert